

Ga(In, Al) P COMPOUND-BASED LIGHT-EMITTING SEMICONDUCTOR DIODE WITH A ZnO WINDOW LAYER

Patent number: DE19926958

Publication date: 2001-01-11

Inventor: HAERLE VOLKER (DE); HAHN BERTHOLD (DE); STAUS PETER (DE); SPORRER KONRAD (DE)

Applicant: OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH (DE)

Classification:

- international: H01L33/00

- european: H01L33/00B6B3

Application number: DE19991026958 19990614

Priority number(s): DE19991026958 19990614

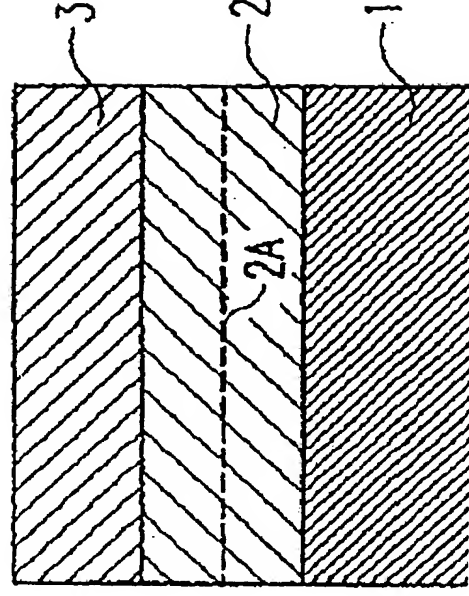
Also published as:

 WO0077863 (A1)

Abstract not available for DE19926958

Abstract of correspondent: **WO0077863**

The invention relates to a Ga(In, Al) P compound-based light-emitting semiconductor diode. A transparent, electroconductive contact layer (3) consisting of doped zinc oxide (ZnO) is applied on one side of an LID structure (2) of the diode, said structure having a pn junction (2A). This contact layer ensures good optical transparency for the emitted laser radiation by virtue of its considerable energy gap and good electrical contact for the LED structure (2).







①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 26 958 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
H 01 L 33/00

②① Aktenzeichen: 199 26 958.0
②② Anmeldetag: 14. 6. 1999
④③ Offenlegungstag: 11. 1. 2001

DE 199 26 958 A 1

⑦① Anmelder:
OSRAM Opto Semiconductors GmbH & Co. oHG,
93049 Regensburg, DE

⑦④ Vertreter:
Epping, Hermann & Fischer GbR, 80339 München

⑦② Erfinder:
Stauß, Peter, Dr., 93059 Regensburg, DE; Hahn,
Berthold, Dr., 93155 Hernau, DE; Sporrer, Konrad,
84032 Landshut, DE; Härle, Volker, Dr., 93164 Brunn,
DE

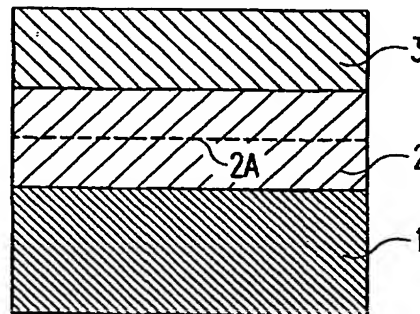
⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 198 17 368 A1
US 55 06 423 A
US 53 00 791 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Lichtemissions-Halbleiterdiode auf der Basis von Ga (In, Al) P-Verbindungen mit ZnO-Fensterschicht

⑤⑦ Bei einer erfindungsgemäßen Lichtemissions-Halbleiterdiode auf der Basis von Ga(In, Al)P-Verbindungen ist mindestens auf einer Seite einer pn-Übergang (2A) aufweisenden LED-Struktur (2) der Diode eine transparente, elektrisch leitende Kontaktierungsschicht (3) aus dotiertem Zinkoxid (ZnO) aufgebracht. Diese erlaubt sowohl einerseits aufgrund ihrer hohen Bandlücke eine gute optische Transparenz für die emittierte Laserstrahlung als auch andererseits eine gute elektrische Kontaktierung der LED-Struktur (2).



DE 199 26 958 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Lichtemissions-Halbleiterdiode auf der Basis von Ga(In, Al)P-Verbindungen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine solche Lichtemissions-Halbleiterdiode, die eine Lichtaustrittsschicht aus Zinkoxid (ZnO) aufweist.

Die Lichtauskopplung aus Lichtemissions-Halbleiterdioden hängt in besonderem Maße von der verwendeten optisch transparenten und elektrisch leitenden Deckschicht ab. Die wichtigen physikalischen Kenngrößen sind hierfür die Energielücke, der optische Brechungsindex und die elektrische Leitfähigkeit. Bei Lichtemissions-Halbleiterdioden auf der Basis von InGaAlP wird üblicherweise auf der Lichtausgangsseite des pn-Übergangs eine 10–20 µm dicke hochdotierte GaP-Schicht aufgebracht. Im allgemeinen weist eine solche Schicht eine für die elektrische Kontaktierung ausreichende elektrische Leitfähigkeit und eine für die Lichtauskopplung ausreichende optische Transparenz auf. Bei Lichtwellenlängen von etwa 565 nm oder weniger ist jedoch aufgrund der Bandlücke von GaP mit einer verstärkten Absorption in der hochdotierten GaP-Fensterschicht zu rechnen.

Die GaP-Schicht kann jedoch nicht ohne weiteres dünner gemacht werden, da sich dies nachteilig auf die elektrischen Kontaktierungseigenschaften der Schicht auswirkt.

Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine Lichtemissions-Halbleiterdiode auf der Basis von Ga(In, Al)P-Verbindungen anzugeben, mit welcher die Lichtausbeute gesteigert werden kann.

Bei einer erfindungsgemäßen Lichtemissions-Halbleiterdiode auf der Basis von Ga(In, Al)P-Verbindungen ist mindestens auf einer Seite einer pn-Übergang aufweisenden LED-Struktur der Diode eine transparente, elektrisch leitende Kontaktierungsschicht aus dotiertem Zinkoxid (ZnO) aufgebracht. Eine erfindungsgemäße Lichtemissions-Halbleiterdiode kann aus binären, ternären oder quaternären III-V-Verbindungen zusammengesetzt sein, welche durch die Elemente Indium und/oder Gallium und/oder Aluminium aus der III. Hauptgruppe sowie das Element Phosphor aus der V. Hauptgruppe gebildet sind.

Wahlweise können auf einer Seite des pn-Übergangs oder auf beiden Seiten ZnO-Schichten aufgebracht werden. Diese mindestens eine Schicht kann durch MOVPE (metallorganische Gasphasenabscheidung), MBE (Molekularstrahlepitaxie) oder durch einen Sputter-Prozeß aufgebracht werden. In vorteilhafter Weise wird die ZnO-Schicht durch denselben Kristallwachstumsprozeß hergestellt, durch den auch die Laserdioden gefertigt wurde.

Die Schichtdicke, die Transparenz und die Dotierung der ZnO-Schicht können in einem weiten Bereich für eine optimale Lichtauskopplung und elektrische Kontaktierung der LEDs sowohl n- als auch p-seitig angepaßt werden.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen in den Zeichnungen näher beschrieben. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 ein vertikaler Schnitt durch eine Lichtemissions-Halbleiterdiode gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ein vertikaler Schnitt durch eine Lichtemissions-Halbleiterdiode gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

In Fig. 2 ist ein grundlegendes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Lichtemissions-Halbleiterdiode dargestellt. In diesem wird ein n- oder p-dotiertes GaAs-Substrat 1 bereitgestellt, auf welches durch ein geeignetes Kristallwachstumsverfahren wie MOVPE (metallorganische Gasphasenepitaxie) oder MBE (Molekularstrahlepitaxie) eine

InGaAlP-LED-Struktur 2 mit einem pn-Übergang 2A gitterangepaßt aufgewachsen wird. Dabei kann sowohl mit einem n-dotierten GaAs-Substrat 1 begonnen und einer p-dotierten InGaAlP-Schicht abgeschlossen werden als auch umgekehrt. Anstelle eines einfachen pn-Übergangs aus Volumenhalbleitermaterial kann auch eine einfache oder mehrfache Quantentrogstruktur aus Schichten mit abwechselnd kleiner und großer Bandlücke vorgesehen sein.

Auf die LED-Struktur 2 wird je nach der gewählten Dotierungsabfolge eine n- oder p-dotierte Zinkoxid-(ZnO)Deckschicht oder -Fensterschicht 3 abgeschieden. Aufgrund der Bandlücke von 3,35 eV von ZnO bei Raumtemperatur ist diese Fensterschicht 3 für die Wellenlänge der InGaAlP-Laserdiode und für andere Wellenlängen von Laserdioden des Materialsystems Ga(In, Al)P transparent. Die Fensterschicht 3 dient gleichzeitig als elektrische Kontaktierungsschicht für die Laserdiode. Vorteilhaft für die Herstellung ist es, wenn die ZnO-Schicht mit demselben Kristallwachstumsverfahren wie die Laserdiode, also innerhalb ein- und derselben Kristallwachstumsapparatur aufgewachsen werden kann. Die ZnO-Schicht kann aber auch mit einem anderen Wachstumsverfahren wie beispielsweise einem Sputter-Prozeß aufgewachsen werden.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 wird die ZnO-Schicht nur einseitig aufgebracht. Auf der gegenüberliegenden Seite erfolgt die Kontaktierung durch das dotierte GaAs-Substrat. In dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Laserdiode sind demgegenüber auf beiden Seiten des pn-Übergangs 2A ZnO-Schichten 31 und 32 aufgebracht. Die Herstellung einer derartigen Laserdiode kann dadurch hergestellt werden, daß eine Laserdiode nach Fig. 1 mit der aufgewachsenen ZnO-Schicht 31 an ein beliebiges Trägersubstrat 5, wie beispielsweise ein Glassubstrat, mit einem vorzugsweise transparenten Kleber 4 angeklebt wird. Dann wird das GaAs-Substrat vorzugsweise durch Ätzen entfernt, worauf eine zweite ZnO-Schicht 32 einer entsprechenden Dotierung an Stelle des entfernten GaAs-Substrats aufgebracht wird. Somit befinden sich beidseits der LED-Struktur 2 jeweils p- und n-dotierte, transparente ZnO-Schichten 31, 32 für die elektrische Kontaktierung der Laserdiode.

Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 kann durch einen transparenten Kleber 4 und ein transparentes Trägersubstrat 5 so ausgeführt sein, daß das durch die LED abgestrahlte Licht nach allen Seiten emittiert wird. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, daß eine Emission nur nach einer Seite gewünscht ist. Zu diesem Zweck kann in der Nähe der Grenzfläche der ersten ZnO-Schicht 31 zu dem Trägersubstrat 5 eine reflektierende Schicht angeordnet sein, durch die das von der aktiven Schicht der LED in Richtung auf das Trägersubstrat 5 abgestrahlte Licht in Richtung auf die Vorderseite, d. h. die zweite ZnO-Schicht 32 reflektiert wird. Die reflektierende Schicht könnte beispielsweise durch den Kleber 4 gebildet werden oder zusätzlich auf die ZnO-Schicht aufgebracht werden. Durch eine derartige Ausführungsform, bei der sowohl der Kleber 4 als auch das Trägersubstrat 5 nicht-transparent ausgeführt sein können, wird auch das rückseitig emittierte Licht optimal für die gewünschte Vorderseitenemission ausgenutzt.

Weiterhin kann in beiden Ausführungsbeispielen durch eine körnige polykristalline Oberflächenstruktur der mindestens einen ZnO-Schicht bei unveränderten elektrischen und optischen Eigenschaften die Lichtauskopplung der LED weiter verbessert werden.

Bezugszeichenliste

1 GaAs-Substrat

2 LED-Struktur
 2A pn-Übergang
 3 ZnO-Fensterschicht
 31 erste ZnO-Fensterschicht
 32 zweite ZnO-Fensterschicht
 4 Kleber
 5 Trägersubstrat

Patentansprüche

- 10
1. Lichtemissions-Halbleiterdiode auf der Basis von Ga(In, Al)P-Verbindungen, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens auf einer Seite einer einen pn-Übergang (2A) aufweisenden LED-Struktur (2) der Diode eine transparente, elektrisch leitende Kontaktierungsschicht (3; 31, 32) aus dotiertem Zinkoxid (ZnO) aufgebracht ist. 15
 2. Lichtemissions-Halbleiterdiode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die LED-Struktur (2) auf einem GaAs-Substrat (1) aufgebracht ist und auf ihrer gegenüberliegenden Seite eine ZnO-Schicht (3) aufgebracht ist. 20
 3. Lichtemissions-Halbleiterdiode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf beiden Seiten der LED-Struktur (2) jeweils eine ZnO-Schicht (31, 32) aufgebracht ist. 25
 4. Lichtemissions-Halbleiterdiode nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß auf einer ZnO-Schicht (31) ein gegebenenfalls transparentes Trägersubstrat (5) aufgeklebt ist. 30
 5. Lichtemissions-Halbleiterdiode nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägersubstrat (5) mittels eines gegebenenfalls transparenten Klebers (4) aufgeklebt ist. 35
 6. Lichtemissions-Halbleiterdiode nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Trägersubstrat (5) und der ZnO-Schicht (31) eine reflektierende Schicht angeordnet ist. 35
 7. Verfahren zur Herstellung einer Lichtemissions-Halbleiterdiode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit den Verfahrensschritten 40
 - Bereitstellen eines GaAs-Substrats,
 - Aufbringen einer einen pn-Übergang enthaltenden LED-Struktur auf dem GaAs-Substrat,
 - Aufbringen einer ZnO-Schicht einer entsprechenden Dotierung auf der LED-Struktur. 45
 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die weiteren Verfahrensschritte
 - Entfernen des GaAs-Substrats durch Abätzen oder dergleichen, 50
 - Aufbringen einer weiteren ZnO-Schicht einer entsprechenden Dotierung an die Stelle des entfernten GaAs-Substrats.
 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß den weiteren Verfahrensschritt Aufbringen eines Trägersubstrats auf eine der ZnO-Schichten. 55
 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine ZnO-Schicht durch einen Sputter-Prozeß aufgebracht wird.
 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine ZnO-Schicht durch MOVPE oder MBE aufgebracht wird. 60

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

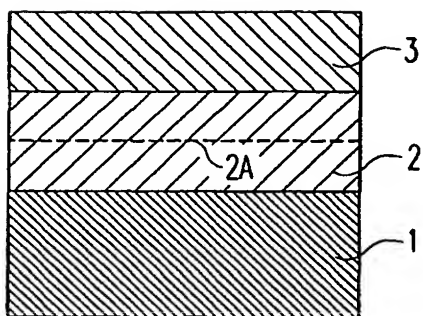


Fig. 1

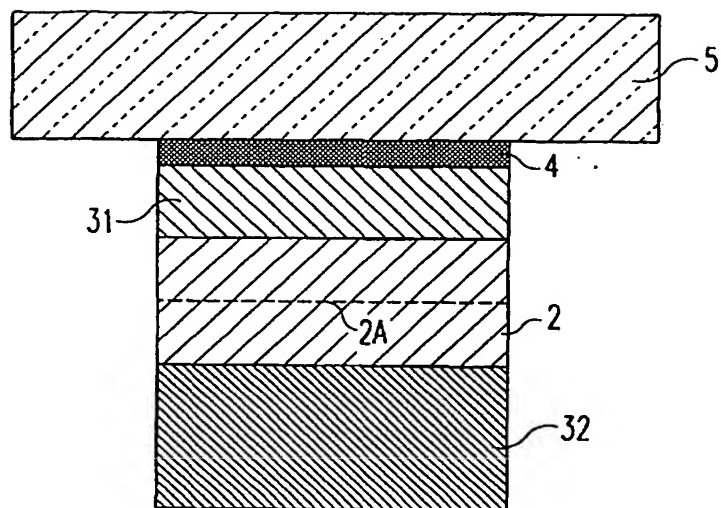


Fig. 2